



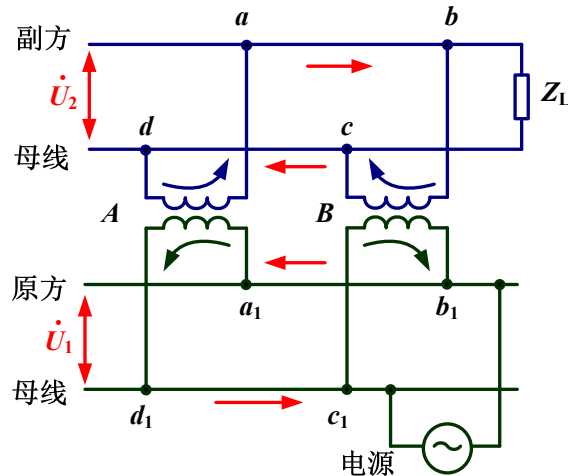
第四节 变压器的并联运行

- 变压器理想并联运行的条件
- 如何满足并联运行的条件
- 并联运行负载分配的实用计算公式

The slide includes a decorative green line graphic on the left side of the title. The bottom of the slide features a faded background image of a traditional Chinese building. In the bottom left corner, there is a circular logo and the text '东南大学电气工程学院' and 'SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU'. In the bottom right corner, the text '南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>' is displayed, followed by the page number '2'.

变压器并联运行

- 将两台或多台变压器的一、二次绕组分别接在各自的公共母线上，同时对负载供电
- 共用一次侧电压 \dot{U}_1



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

3

变压器并联运行的意义

- 适应用电量的增加：随着负载的发展，必须相应地增加变压器容量及台数
- 提高运行效率：当负载随着季节或昼夜有较大的变化时、根据需要调节投入变压器的台数
- 提高供电可靠性：允许其中部分变压器由于检修或故障退出并联



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

4

I. 变压器理想并联运行的条件

- ▶ 内部不会产生环流：空载时，各变压器的相应的次级电压必须相等且同相位
- ▶ 使全部装置容量获得最大程度的应用：有负载时，各变压器所分担的负载电流应该与它们的容量成正比例，各变压器均可同时达到满载状态
- ▶ 每台变压器所分担的负载电流均为最小：各变压器的负载电流都应同相位，则总的负载电流是各负载电流的代数和。当总的负载电流为一定值时，每台变压器的铜耗为最小，运行经济



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

5

II-1. 如何满足并联运行的条件

1. 次级电压必须相等且同相位

- ▶ 并联连接的各变压器必须有相同的电压等级，且属于相同的连接组
- ▶ 不同连接组变压器不能并联运行
Yy0 和 Yd11 ✗ Dy11 和 Yd11 ✓
- ▶ 各变压器都应有相同的线电压变比 k 。实用中，所并联的各变压器变比间的差值应限制在 0.5% 以内
- ▶ 目的：避免在并联变压器所构成的回路中产生环流



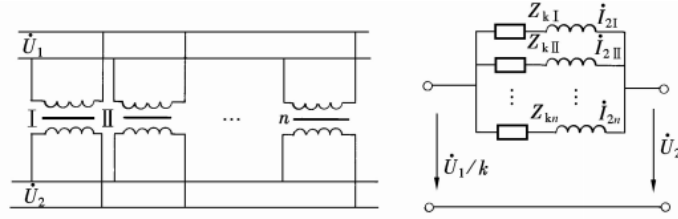
东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

6

II-2. 如何满足并联运行的条件

2. 负载电流与容量成正比例



$$\frac{\dot{U}_1}{k} - \dot{U}_2 = \dot{I}_{2I} Z_{kI} = \dot{I}_{2II} Z_{kII} = \dots = \dot{I}_{2n} Z_{kn}$$

满载时 $\dot{I}_{NI} Z_{kI} = \dot{I}_{NII} Z_{kII} = \dots = \dot{I}_{Nn} Z_{kn}$

短路电压标么值 $u_{kI*} = u_{kII*} = \dots = u_{kn*}$



结论：各变压器应有相同的短路电压标么值

II-3. 如何满足并联运行的条件

3. 各变压器的负载电流应同相位

$$u_{kI*} = u_{kII*} = \dots = u_{kn*}$$

$$u_{k*} = u_{a*} + j u_{r*} = r_{k*} + j x_{k*}$$

$$u_{aI*} = u_{aII*} = u_{aIII*} = \dots = u_{an*}$$

$$u_{rI*} = u_{rII*} = u_{rIII*} = \dots = u_{rn*}$$

结论：要求各变压器短路电阻与短路电抗的比值相等，即各变压器应有相同的短路电压有功分量和短路电压无功分量



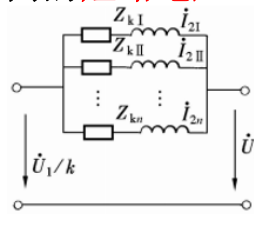
东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

8

III. 并联运行负载分配实用计算公式

假设: 各变压器有相同的变比, 但有不同的短路电压, 大容量变压器一般有较大的短路电压

$$\begin{cases} i_{21} = \frac{1}{Z_{k1}} \left(\frac{\dot{U}_1}{k} - \dot{U}_2 \right) \\ i_{22} = \frac{1}{Z_{k2}} \left(\frac{\dot{U}_1}{k} - \dot{U}_2 \right) \\ \vdots \\ i_{2n} = \frac{1}{Z_{kn}} \left(\frac{\dot{U}_1}{k} - \dot{U}_2 \right) \end{cases} \quad \rightarrow \quad \dot{I}_2 = \left(\frac{\dot{U}_1}{k} - \dot{U}_2 \right) \sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{ki}}$$


$$\rightarrow \quad i_{21} = \frac{\frac{1}{Z_{k1}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{ki}}} \dot{I}_2 \quad i_{22} = \frac{\frac{1}{Z_{k2}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{ki}}} \dot{I}_2 \quad \dots \quad i_{2n} = \frac{\frac{1}{Z_{kn}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{ki}}} \dot{I}_2$$



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

9

III. 并联运行负载分配实用计算公式

$$\dot{I}_{21} = \frac{\frac{1}{Z_{k1}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{ki}}} \dot{I}_2 \quad \xrightarrow{\dot{U}_2} \quad S_1 = \frac{\frac{1}{Z_{k1}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{ki}}} S \quad S_1 : S_2 : \dots : S_n = \frac{S_{N1}}{u_{k1}^*} : \frac{S_{N2}}{u_{k2}^*} : \dots : \frac{S_{Nn}}{u_{kn}^*}$$

$$\left\{ \begin{aligned} S_1 &= \frac{\frac{1}{Z_{k1}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{ki}}} S \\ S_2 &= \frac{\frac{1}{Z_{k2}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{ki}}} S \\ \vdots \\ S_n &= \frac{\frac{1}{Z_{kn}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{ki}}} S \end{aligned} \right. \quad \xrightarrow{\text{复数运算} \rightarrow \text{代数运算}} \quad \left\{ \begin{aligned} S_1 &= \frac{\frac{S_{N1}}{u_{k1}^*}}{\sum_{i=1}^n \frac{S_{Ni}}{u_{ki}^*}} S \\ S_2 &= \frac{\frac{S_{N2}}{u_{k2}^*}}{\sum_{i=1}^n \frac{S_{Ni}}{u_{ki}^*}} S \\ \vdots \\ S_n &= \frac{\frac{S_{Nn}}{u_{kn}^*}}{\sum_{i=1}^n \frac{S_{Ni}}{u_{ki}^*}} S \end{aligned} \right.$$

$\left| \frac{1}{Z_k} \right| = \frac{1}{Z_k^*} \times \frac{I_N}{U_N} = \frac{1}{u_k^*} \times \frac{S_N}{U_N^2}$

10

III. 并联运行负载分配实用计算公式

结论:

$$S_I : S_{II} : \dots : S_n = \frac{S_{MI}}{u_{kI}^*} : \frac{S_{MII}}{u_{kII}^*} : \dots : \frac{S_{Nn}}{u_{kn}^*}$$

1. 各变压器的负载分配与该变压器的额定容量成正比，与短路电压成反比
2. 如果各变压器的短路电压都相同，则变压器的负载分配只与额定容量成正比。各变压器可同时达到满载，总的装置容量得到充分利用



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

11

III. 并联运行负载分配实用计算公式

3. 实际上一般电力变压器的 u_{k*} 大约在 0.05~0.105 范围内，容量大的变压器 u_{k*} 也较大
4. 如果 u_{k*} 不等，则 u_{k*} 较小的那台变压器将先达到满载

例如: 当 $U_{kI}^* < U_{kII}^*$ 时, $(S_I / S_{NI}) : (S_{II} / S_{NII}) = (1/U_{kI}^*) : (1/U_{kII}^*) = C > 1$,
则 $S_{II} = (1/C) \cdot S_I \cdot S_{NII} / S_{NI}$ 。当 $S_I = S_{NI}$ 时, $S_{II} = (1/C) \cdot S_{NII}$ 。即变压器 I 满载时, 变压器 II 还没有满载。



东南大学电气工程学院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌楼2号 <http://ee.seu.edu.cn>

12

III. 并联运行负载分配实用计算公式

5. 为使总容量能够得到利用，要求并联运行的各变压器的容量接近，最大容量与最小容量之比不超过 3:1；短路电压接近，差值不超过 10%



III. 并联运行负载分配实用计算公式

1、变压器并联运行，要求二次侧电压（）。

- A. 仅大小相同
- B. 仅相位相同
- C. 大小相位均可不同
- D. 大小相位均相同

答案：D



III. 并联运行负载分配实用计算公式

2、多台变压器并联运行时，各台变压器承担的负载（）。

- A. 与短路电抗成反比
- B. 与短路电压成正比
- C. 与短路阻抗成反比
- D. 与额定容量成反比

答案：C



東南大學電氣工程學院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

15

1. 并联运行的变压器必须有相同的电压等级，且属于相同的___。两台容量分别为 S_{NI} 和 S_{NII} 变压器，短路电压标幺值之比为5:6，它们并联运行且提供最大总容量时，第二台变压器分配的容量为___。



東南大學電氣工程學院
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING, SEU

南京 四牌樓2號 <http://ee.seu.edu.cn>

16

1. 并联运行的变压器必须有相同的电压等级，且属于相同的 连接组。两台容量分别为 S_{NI} 和 S_{NII} 变压器，短路电压标么值之比为5: 6，它们并联运行且提供最大总容量时，第二台变压器分配的容量为 $\frac{5}{6}S_{NII}$ 。



作 业

➤ 习题： p. 58-59: 3-3~3-4

➤ 要求：

1. 按时交作业，过期不改；
2. 书写认真，文字整齐，不抄题目，用直尺作图；

